

Goecke, Lennart; Stiller, Jurik; Schwanewedel, Julia
Algorithmusverständnis in der Primarstufe. Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material

Landwehr, Brunhild [Hrsg.]; Mammes, Ingelore [Hrsg.]; Murmann, Lydia [Hrsg.]: Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt? Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2021, S. 117-132. - (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts; 12)



Quellenangabe/ Reference:

Goecke, Lennart; Stiller, Jurik; Schwanewedel, Julia: Algorithmusverständnis in der Primarstufe. Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material - In: Landwehr, Brunhild [Hrsg.]; Mammes, Ingelore [Hrsg.]; Murmann, Lydia [Hrsg.]: Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt? Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2021, S. 117-132 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-215351 - DOI: 10.25656/01:21535

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-215351>

<https://doi.org/10.25656/01:21535>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. der Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Die neu entstandenen Werke bzw. Inhalte dürfen nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergegeben werden, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public and alter, transform or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work. If you alter, transform, or change this work in any way, you may distribute the resulting work only under this or a comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der:


Leibniz-Gemeinschaft

Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts

**Brunhild Landwehr
Ingelore Mammes
Lydia Murmann
(Hrsg.)**

Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule

**Elementar bildungsbedeutsam und
dennoch vernachlässigt?**



GDSU e.V.

k linkhardt

**Forschungen zur Didaktik
des Sachunterrichts
Band 12**

Brunhild Landwehr
Ingelore Mammes
Lydia Murmann
(Hrsg.)

Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule

Elementar bildungsbedeutsam und
dennoch vernachlässigt?

Verlag Julius Klinkhardt
Bad Heilbrunn • 2021

k

Schriftenreihe der
Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e.V.

Die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) e.V. ist ein Zusammenschluss von Lehrenden aus Hochschule, Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Schule. Ihre Aufgabe ist die Förderung der Didaktik des Sachunterrichts als wissenschaftliche Disziplin in Forschung und Lehre sowie die Vertretung der Belange des Schulfaches Sachunterricht.
www.gdsu.de

Dieser Titel wurde in das Programm des Verlages mittels eines Peer-Review-Verfahrens aufgenommen. Für weitere Informationen siehe www.klinkhardt.de.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet abrufbar über <http://dnb.d-nb.de>.

2021.n. © by Julius Klinkhardt.

Druck und Bindung: AZ Druck und Datentechnik, Kempten.
Printed in Germany 2021.
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem alterungsbeständigem Papier.



Die Publikation (mit Ausnahme aller Fotos, Grafiken und Abbildungen) ist veröffentlicht unter der Creative Commons-Lizenz: CC BY-NC-SA 4.0 International
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ISBN 978-3-7815-5869-4 digital

doi.org/10.35468/5869

ISBN 978-3-7815-2430-9 print

Inhaltsverzeichnis

<i>Brunhild Landwehr, Ingelore Mammes und Lydia Murmann</i> Editorial	7
<i>Andreas Schmitt und Tanja Fellensiek</i> „Windräder werden mit Strom betrieben, um Wind zu erzeugen ... oder umgekehrt!?“ – Schülervorstellungen und Konzeptwechsel zum Thema Windenergie im Sachunterricht	11
<i>Stefan Fletcher und Anja Kleinteich</i> Vorstellungen von Grundschüler*innen zum Ende der Primarstufe über den grundsätzlichen Aufbau eines komplexen technischen Systems zur Energieerzeugung untersucht am Beispiel der Konstruktion eines Wasserkraftwerks aus vorgegebenen Teilsystemen	29
<i>Swantje Dölle</i> LERNnetze – Lernunterstützung im technischen Sachunterricht Erprobung kognitiv aktivierender und inhaltlich strukturierender Maßnahmen der Lernunterstützung und Überprüfung der Angebotsnutzung	51
<i>Victoria Adenstedt</i> Attributionen von Grundschulkindern zur Erklärung von Leistungsergebnissen bei technischen Alltagsaufgaben	73
<i>Svantje Schumann</i> Technische Ereignisse in Stummfilmen erschließen – eine Untersuchung der Bildungsprozesse von Kindern	95
<i>Lennart Goecke, Jurik Stiller und Julia Schwanewedel</i> Algorithmusverständnis in der Primarstufe – Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material	117
<i>Sabine Martschinke, Susanne Palmer Parreira und Ralf Romeike</i> Informatische (Grund-)Bildung schon in der Primarstufe? Erste Ergebnisse aus einer Evaluationsstudie	133

6 | Inhaltsverzeichnis

Eva Gläser und Christina Krumbacher

Ausstattung zur technischen Bildung mangelhaft?

Eine quantitative Studie zur Situation an Grundschulen 151

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren 167

Lennart Goecke, Jurik Stiller und Julia Schwanewedel

Algorithmusverständnis in der Primarstufe – Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material

1 Einleitung

Ein autonom fahrendes Fahrzeug kann einen Unfall nicht vermeiden, aber entscheiden, ob eine ältere Person oder ein Kind in den Unfall verwickelt werden. Nach welchen Regeln soll entschieden werden, wer verletzt wird? Solche Dilemmata und damit verbundene ethische Richtlinien werden und müssen bei Entwicklung komplexer, (teilweise) eigenständig agierender technischer Systeme in den Blick genommen werden.

Menschen in der digitalen Welt kommen ständig mit Informatiksystemen in Berührung. Das plakative Eingangsbeispiel verdeutlicht, wie mannigfach mögliche Folgen der technologischen Durchdringung von Lebenswelt sein können. Phänomene im Zusammenhang mit Künstlicher Intelligenz (KI-Phänomene) werden in der zukünftigen Lebenswelt, aller Voraussicht nach, eine zunehmend große Rolle spielen. Wenn die Funktionsweisen von Artefakten durch KI-Phänomene verändert oder geprägt werden, verschwimmt auch die Grenze dessen, was einschlägig als technisches Artefakt verstanden wird (vgl. zum Technikverständnis u. a. Mammes 2013, 11; Ropohl 2009, 29ff.).

Dem Sachunterricht als für die Lebenswelterschließung zuständigen Fach fällt die Verantwortung zu, über die didaktische Relevanz von KI-Phänomenen zu entscheiden. Um das Beispiel KI-Phänomene fachlich angemessen beschreiben und bewerten zu können, bedarf es der Informatik als (weitere) Bezugswissenschaft. Die Informatik, als Wissenschaft der Informationsverarbeitung (Gumm, Sommer 2011, 1), ist für die fachliche Klärung von KI-Phänomenen und erst recht für bereits weit verbreitete Artefakte der von Digitalisierung geprägten Lebenswelt zuständig. Damit ist nicht automatisch die Konsequenz verbunden, informatische Probleme per se als bildungsrelevant zu betrachten (für einen möglichen Zugang zur Bewertung von Bildungsrelevanz GDSU 2013; vgl. Klafki 1994).

Dieser Beitrag stellt den aktuellen Stand eines im Projekt *DigiLit* verorteten Dissertationsprojekts vor. Das Projekt *DigiLit* verfolgt das Ziel der empirischen Schärfung und normativen Verortung Informatischer Grundbildung in der Pri-

marstufe (Goecke, Stiller, Pech 2018a, z. B.). Ein Ziel des Promotionsprojekts ist die Beschreibung des Algorithmischen Denkens. Dazu wird in einem ersten Schritt (qualitativ) exploriert, wie Kinder Algorithmen verstehen (*Algorithmusverständnis*). Aus dieser Teilstudie gewonnene Erkenntnisse fließen in die Operationalisierung ein, auf deren Basis die Konstruktion eines Testinstruments für die Hauptstudie erfolgt. Dieses Instrument schließlich soll nach erfolgter empirischer Validierung im Kontext einer populationsbeschreibenden Studie quantitativ eingesetzt werden. Nachfolgend wird zunächst der theoretische Rahmen des Projekts *DigiLit* und anschließend das geplante methodische Vorgehen dargestellt.

2 Theorie

Da das Forschungsprojekt *DigiLit* in der Sachunterrichtsdidaktik angesiedelt ist, wird für diese Arbeit nur ausschnitthaft auf internationale Entwicklungen bezüglich des Gefüges der Schulfächer verwiesen, wie beispielhaft auf das 2014 eingeführte Fach *Computing* in Grundschulen des Vereinigten Königreichs – welches das dort zuvor vorhandene Fach *Information and Communication Technology (ICT)* ersetzt. Im Folgenden werden zunächst Bezüge zur Fachwissenschaft Informatik und sachunterrichtsdidaktische Konsequenzen dargestellt. Anschließend wird ausdifferenziert, inwieweit das diesem Projekt zugrunde liegende Verständnis technischer Bildung im Sachunterricht hierzu bereits anschlussfähig ist.

Spätestens als Folge des KMK-Strategiepapiers „Bildung in der digitalen Welt“ wird über die Bedeutung und Ausgestaltung Informatischer Grundbildung auch für die Grundschule in Deutschland diskutiert (KMK 2016). Dabei beginnt der allgemeine Diskurs zur Auseinandersetzung mit Informatik für Kinder ab dem Kindergartenalter mit dem vor mehr als 30 Jahren erschienenen Werk *Mindstorms* von Papert (1980) – oder schon mit Perlman (1976).

Die thematische Breite der Fachwissenschaft Informatik eröffnet vielfältige Anschlussmöglichkeiten an bestehende Schul- und Bezugsfächer (Gumm, Sommer 2011). Der Einfluss von Informatik bzw. Informatiksystemen auf Lebenswelten von Kindern ist unbestreitbar groß, sodass informatische Themen auch im aktuelle herrschenden Paradigma „Lebensweltorientierung“ der Sachunterrichtsdidaktik relevant sind (vgl. beispielhaft Kahlert 2016). Verschiedene Konzeptionen der curricularen Einbindung von Informatik in den Grundschulunterricht werden derzeit vielfältig diskutiert, sind für dieses Forschungsprojekt jedoch

nicht ausschlaggebend.¹ Bei fachbezogener Zuständigkeit² ist eine Einbindung in andere Fächer wie Deutsch (z. B. Anders 2018) oder Mathematik ebenfalls möglich. Plausibel erscheint uns jedoch eine Ausschärfung des Sachunterrichtsverständnisses, indem relevante Inhalte, die im Zusammenhang mit Informatik stehen, in die Perspektiven des Sachunterrichts mit aufgenommen werden. „Um Möglichkeiten und Folgewirkungen von Technik zu erkennen und eine humane und zukunftsfähige Technik mitdenken, mit verantworten und mitgestalten zu können, braucht jeder Mensch grundlegende Kenntnisse von Technik und ihren Wirkungs- und Bedingungsbeziehungen“ (GDSU 2013, 63) – indem Technik u. a. menschengemachte Artefakte, also auch Informatiksysteme umfasst, ergibt sich u. E. eine zwingende Notwendigkeit, Informatische Bildung mit in das Sachunterrichtsverständnis einzubeziehen. Vorschläge hierzu existieren bereits seit geraumer Zeit (Borowski, Diethelm, Mesaroş 2010; Goecke, Stiller 2018; Straube, Mamlouk, Köster, Nordmeier, Müller-Birn, Schulte 2013). Hinzu kommt, dass technische Phänomene bereits in sachunterrichtlichen Konzeptionen als Gegenstand des Sachunterrichts benannt werden. Im Sinne nicht-analoger Technik sind Wirkmechanismen digitaler Geräte insofern curricular und konzeptionell angemessener Inhalt von Sachunterricht.³

Borowski, Diethelm, Mesaroş weisen bspw. darauf hin, dass „nur dem Sachunterricht die Aufgabe und Kompetenz [zufalle], IKT auch als Unterrichtsgegenstand zu betrachten, um den Schülern zusätzlich zu den Handlungsanweisungen auch Erklärungen anzubieten“ (ebd., 2)⁴. Diese grundsätzlichen Argumente für die Relevanz informatischer Grundbildung im Sachunterricht finden sich auch schon bei Klafki (1994, 60):

„Wir brauchen in einem zukunftsorientierten Bildungssystem auf allen Schulstufen und in allen Schulformen eine gestufte, kritische informations- und kommunikationstechnologische Grundbildung als Moment einer neuen Allgemeinbildung; ‚kritisch‘, das heißt so, daß die Einführung in die Nutzung und in ein elementarisiertes Verständnis der modernen, elektronisch arbeitenden Kommunikations-, Informations- und Steuerungsmedien immer mit der Reflexion über ihre Wirkungen auf die sie benutzenden Menschen, über die möglichen sozialen Folgen des Einsatzes solcher Medien und über den möglichen Mißbrauch verbunden werden.“

1 Auf die Debatte über die Notwendigkeit eines eigenen Faches Informatik in der Grundschule sei hier nur verwiesen (v.a. https://bscw.ham.nw.schule.de/pub/bscw.cgi/d5795101/2016-03-05_PflichtfachInformatik.pdf), sie soll nicht Gegenstand dieses Beitrags sein.

2 Antworten auf die Frage, ob und wie Informatische Grundbildung als Element von (fachübergreifender) Medienbildung Eingang in die Schule finden soll, werden hier nicht angeboten.

3 Die konkrete Umsetzung im Sachunterricht (eigene Perspektive, innerhalb der technischen Perspektive, über Medienbildung etc.) diskutieren Stiller & Goecke (2019).

4 Anmerkung der Autor*innen: IKT steht für Informations- und Kommunikationstechnologien; die Verwendung des generischen Maskulinums spiegelt nicht die Ansicht der Autor*innen wider.

Jüngere Arbeiten im Kontext der Sachunterrichtsdidaktik diskutieren vor allem zwei Ansatzpunkte: Einerseits kann die informatische Erschließung von Phänomenen der Lebenswelten prinzipiell als bildungsrelevant begründet werden. Das können sowohl Beispiele wie ein Algorithmus zum Straße überqueren oder eine Bauanleitung sein als auch die Funktionsweise einer Druckerwarteschlange oder ein digitales Thermometer. Andererseits wird informatische Grundbildung als expliziter Bestandteil von Bildung im Sachunterricht der Grundschule diskutiert. Informatische Grundbildung meint als Konstrukt Inhalts- und Prozessbereiche informatischer Bildung, die für die Erschließung informatisch-durchdrungener Lebenswelt notwendig sind (Goecke, Stiller, Pech 2018b; Murmann 2018; Stiller, Goecke 2019; Straube, Mamlouk, Köster, Nordmeier, Müller-Birn, Schulte 2013).

Die innerhalb der Sachunterrichtsdidaktik vielfältigen Anschlussstellen für informatische Bildung könnten auch als eigenständige Perspektive umgesetzt werden. Da vor allem technische und informatische Bildung sich nicht trennscharf operationalisieren lassen, scheint uns zunächst die Erweiterung dieser Perspektive angezeigt. Indem die „nutzenorientierten, künstlichen [und] gegenständlichen“ (Mammes 2013, 11) Artefakte aus Lebenswelten häufig auch Informationen verarbeiten können, verschwimmen mögliche Abgrenzungen technischer und informatischer Bildung. Beispielhaft zeigen die Forschungsprojekte von Martschinke et al. in diesem Band diese selbstverständliche Verwobenheit, da etwa für das Problemlösen auf Informatiksysteme zurückgegriffen werden kann.

2.1 Begriffe: Technik/Technische Bildung und Technische Perspektive

Was bedeutet „Technik“ im Kontext des Sachunterrichts und zugleich unter informatischem Fokus? In Übereinstimmung mit Ropohl (2009) wird grundsätzlich der mittlere Technikbegriff zugrunde gelegt, wonach „künstlich gemachte Gegenstände und menschliches Handeln umfasst [werden], aber nur solches Handeln, das [...] mit Artefakten zu tun hat“ (ebd., 30). Dies deckt sich mit der VDI-Richtlinie: VDI 3780 Technikbewertung – Begriffe und Grundlage, wonach:

- „die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen (Artefakte oder Sachsysteme)“,
 - „die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen“ sowie
 - „die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden“
- umfasst wird.

Analog zu Ropohl (2009) wird die Verwendung einer scharfen Steinkante zum Schneiden also auch hier als technisches Handeln verstanden. Allerdings bedingt die Schwerpunktsetzung unseres Forschungsvorhabens auch den Fokus auf tech-

nische Artefakte, die im Zusammenhang mit Informatik stehen. Für diese Arbeit werden technische Artefakte adressiert, die zugleich im Zusammenhang zu Informatik stehen, indem sie bspw. informationsverarbeitende Teilsysteme enthalten. Mit dieser Schwerpunktsetzung bleiben gemäß der sachunterrichtsdidaktischen Aufgabe, Lebenswelten zu erschließen, viele alltägliche Artefakte im Fokus technischer Bildung. Beispiele für adressierte technisch-informatische Artefakte können Smartphones, Haushaltsgeräte oder Unterhaltungselektronik sein, ebenso wie digitale Preisschilder im Supermarkt – und nicht zuletzt auch Heizkörper, die sich per fernsteuerbarem (smarten) Thermostatventil regeln lassen. Um also etwa die Funktionsweise eines Geschirrspülers oder einer Waschmaschine nachzuvollziehen oder bei Fehlfunktionen diese zu lokalisieren oder abstellen zu können, bedarf es mittlerweile grundlegender informatischer Bildung, da etwa Programmschaltwerke kaum noch verwendet werden. Ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweisen von zunehmend auch auf digitaler Technik basierenden Artefakten ist insofern eine wichtige Voraussetzung der Entwicklung von Technikmündigkeit, also der Befähigung zur mündigen Teilhabe an von Technik geprägter Gesellschaft.

Informatische Grundbildung wird insofern als ein wichtiger Kompetenzbereich technischer Bildung verstanden, der das Erschließen lebensweltlicher Artefakte in einer von Digitalisierung geprägten Welt ermöglicht. Hieraus folgt, dass auch ein grundlegendes Verständnis von Algorithmen als Teil technischer Grundbildung verstanden wird, indem damit Voraussetzungen für das Verstehen und Bewerten technischer Artefakte heutiger und erst recht zukünftiger Lebenswelten geschaffen werden. Und nicht zuletzt werden die für Computertechnik notwendigen Artefakte mithilfe technischer Verfahren hergestellt – die hohe Bedeutung von Informationstechnologie für Technik in der Gegenwart und Technik in der Zukunft insgesamt betont indes auch Wolffgramm (2012, 69).

Nach Zinn (2018) existiert in der Technikdidaktik mit dem „mehrperspektivischen Ansatz“ eine Schwerpunktsetzung technischer Bildung mit dem Ziel „sachangemessene, verantwortungsvolle Handlungsfähigkeit und kritische Urteilsfähigkeit in einer von Technik geprägten Welt“ zu ermöglichen (ebd., 66). So kann die kritische Beurteilung des Umgangs mit Heizungen in Hinblick auf Energieeinsparungen durch informatische Aspekte erweitert werden: Statt bspw. durch Isolation und richtige Bedienung von Fenstern und Thermostat, kann die bedarfsabhängige Regelung der Raumtemperatur abhängig von körperlicher Anwesenheit ebenfalls zur Energieeinsparungen beitragen.

2.2 Herleitung der Fragestellung

Als Teil des Projekts *DigiLit* wurden bereits verschiedene Sachunterrichtsbezüge aus unterschiedlichen Blickrichtungen theoretisch untersucht und argumentiert: Fragen des forschungsorientierten Handelns, nach digitaler Medienbildung sowie nach Beispielen für vielperspektivischen Sachunterricht (Goecke, Stiller 2018;

Goecke, Stiller, Pech 2018b; Goecke, Stiller, Pech, Pinkwart 2017; Stiller, Goecke 2019). Darin wird die bereits eingangs skizzierte Relevanz des Themas ausführlich aus konzeptionellen, theoretischen und empirischen Arbeiten abgeleitet.

Insgesamt zeigen die Beispiele vielfältige Begründungsfiguren für die Berücksichtigung Informatischer Grundbildung in der Grundschule. Gemeinsam mit ähnlichen, international teils weiter vorangeschrittenen Umsetzungen, muss wohl nicht mehr diskutiert werden, *ob*, sondern *wie* Informatische Grundbildung in der Grundschule stattfinden sollte.

Um Konsequenzen für didaktisches oder auch bildungspolitisches Handeln bestmöglich begründen zu können, fehlen indes Erkenntnisse darüber, wie Kindern die informatische Erschließung von Phänomenen der Lebenswelten prinzipiell gelingt (s. u., 2.4 Forschungsstand). Aus dem Anliegen, zu der Erschließung des Desiderats kindlichen Lernens hinsichtlich informatischer Phänomene beizutragen, resultiert das dem Dissertationsvorhaben zugrunde liegende Interesse: die Erarbeitung *empirisch gesicherter Erkenntnisse über das Verständnis von Informatikphänomenen von Kindern*. Im ersten Schritt wird dazu die folgende Forschungsfrage verfolgt: *Wie verstehen Kinder Algorithmen?* Die mit dieser Arbeit angestrebten Ergebnisse bilden die Grundlage für eine anschließende Testkonstruktion zur Messung des Konstrukts *Algorithmusverständnis*. Dabei erfolgt die Benennung des Konstrukts im Kontext eines weiten Verständnisses des Begriffs „Algorithmus“. Das Konstrukt steht hier für die algorithmischen Phänomene, denen Kinder unter bestimmten Bedingungen Bedeutung beimessen. Das Erkenntnisinteresse umfasst nicht nur ob bzw. wie Kinder Algorithmen identifizieren oder erstellen, sondern auch ob und wie sich das Konstrukt von verwandten Aspekten informatischen Denkens abgrenzen lässt.

2.3 Theoretischer Hintergrund Forschungsfrage

Das im Fokus dieses Forschungsprojekt stehende Konstrukt ist noch unzureichend operationalisiert. Insbesondere didaktische Traditionen der Sekundarstufen sind nicht hinreichend, stellen gleichzeitig aber einen relevanten Ausgangspunkt dar. Die an dieser Stelle vorgestellte Planung einer qualitativen Eingrenzung zur Modellbildung für das Konstrukt *Algorithmusverständnis in der Primarstufe* muss mit dem Henne-Ei-Problem umgehen, denn es ist noch unklar, welche Bedeutungen Kinder mit den Phänomenen verbinden, die das Forschungskonstrukt thematisiert. Gleichzeitig sind theoretische Grundlagen für die Planung und erste Operationalisierungen notwendig.

Im Folgenden werden zentrale theoretische Konstrukte dargestellt, die voraussichtlich für die Durchführung und Auswertung sowie die anschließende Weiterverwendung der Daten notwendig sind.

Computational Thinking

Für den Begriff *Computational Thinking* (CTh) gibt es keine eindeutige Übersetzung ins Deutsche. Am nächsten kommt dem englischen Begriff im Deutschen *Informatisches Denken*, für diese Arbeit werden beide Begriffe synonym verstanden. Der Begriff CTh wird erstmals bei Papert (1980), allerdings wenig spezifisch, verwendet. Inhaltlich lassen sich grundsätzlich zwei Schwerpunkte der Definitionen von CTh ausmachen. Entweder umfasst der Begriff vor allem diejenigen Fähigkeiten, die vor allem Informatiker*innen für ihre Arbeit benötigen (Curzon, McOwan 2018) oder es bezieht sich allgemeiner auf Fähigkeiten und Verständnisweisen, die für alle Menschen relevant sind.

International erfährt der Begriff CTh spätestens seit Wing (2006) auch außerhalb der Informatik Aufmerksamkeit. Wing bezieht sich u. a. auf grundlegende analytische Fähigkeiten, die Menschen internalisieren (können), um Probleme zu lösen. Im Fokus stehen Probleme, die grundsätzlich von Computern gelöst werden können. Dabei sind explizit auch nicht-computerbezogene Handlungen und alltägliche Problemlösestrategien gemeint, wie etwa das Suchen eines verlegten Schlüssels und das damit verbundene Rückwärtsabrufen der eigenen Bewegung aus dem Gedächtnis. Die derzeit gebräuchliche Definition von Computational Thinking geschieht über die vier Schlüsselkonzepte: „decomposition, data representation, algorithmic thinking and abstraction and [how] these concepts are linked together to solve a complex problem“ (Calderon 2018, 280f.; Khine 2018, 7f.). Darunter wird die Fähigkeit verstanden, ein Problem in Teilprobleme zu zerlegen und dass bzw. wie die Teillösungen zusammen das Hauptproblem lösen. Die hierfür benötigten Informationen müssen für die Lösung bspw. als Variablen repräsentiert werden, um Algorithmen für die Lösungen zu finden und zu erarbeiten. Die Abstraktion beschreibt die Fähigkeit, das gefundene Vorgehen auf ähnliche Probleme anwenden zu können.

Wie vielfältig CTh interpretiert und diskutiert werden kann, zeigt (Barba 2016, o. S.) essayhaft mit der Behauptung:

„The operational aspect of making problems computable is essential, but not aspirational. Most people don't want to be a computer scientist, but everyone can use computers as an extension of our minds, to experience the world and create things that matter to us.“⁵

5 „Der operative Aspekt, Probleme berechenbar zu machen, ist wesentlich, aber nicht **erstrebenswert**. Die meisten Menschen wollen keine Informatiker*innen sein, aber jeder kann Computer als Erweiterung unseres Geistes benutzen, um die Welt zu erleben und Dinge zu schaffen, die für uns wichtig sind.“ [angesichts unterschiedlicher Übersetzungsvarianten des Begriffs **aspirational**: hier mit **erstrebenswert** übersetzt]

Hier zeigt sich eine Zielorientierung, die sowohl sachunterrichtsdidaktisch als auch mediendidaktisch anschlussfähig ist: Computertechnologie selbstverständlich als Hilfe bei der Orientierung in Lebenswelten zu nutzen und dazu ggf. etwas zu gestalten, sei es ein Programm oder etwas Ästhetisches. Der Begriff CTh wird unterschiedlich interpretiert, vermutlich da unterschiedliche Konstrukte Schnittmengen mit dem ursprünglich innerhalb der Informatik geprägten Begriff aufweisen – etwa das Modellieren bzw. Problemlösen. Eine Rolle spielt dabei auch, dass spätestens mit Papert (1980) erforscht wird, ob und wie die Ausprägung der Fähigkeit des Computational Thinking sich auf andere Fähigkeiten auswirkt (s.u., 2.4 Forschungsstand).

Algorithmusverständnis

Nach Curzon, McOwan (2018) stellt *Algorithmisches Denken* ein Herzstück des Computational Thinking dar. Demnach ist Algorithmisches Denken die Fähigkeit, über das Lösen von Problemklassen mithilfe von Algorithmen zu reflektieren. Es steht also nicht allein die Lösung eines Problems im Fokus, sondern stets die Lösung für viele ähnliche Probleme (ebd., 4f.). Hier zeigt sich, dass die Begriffe Computational Thinking und Algorithmisches Denken weniger trennscharf sind, als die gebräuchliche Definition von CTh suggeriert.

Dabei ist Algorithmisches Denken mehr als nur das Verstehen von Algorithmen, was bspw. Hubwieser (2007) kritisch anmerkt. Ein Algorithmus im engeren Sinne stellt die Verarbeitungsschritte dar, die Eingabedaten schrittweise in Ausgabedaten wandeln. Diese Handlungsvorschriften müssen so präzise formuliert sein, dass sie von Geräten oder Menschen eindeutig ausgeführt werden können (Herold, Lurz, Wohlrab 2007, 27). Im weiteren Sinne lassen sich Algorithmen auch allgemeiner als (genau definierte) Handlungsvorschriften oder Ablaufbeschreibungen verstehen (Gesellschaft für Informatik 2019, 13).

Im Unterschied zu Computational Thinking bezieht sich Algorithmisches Denken auf die wesentlich für die Funktionsweise eines Geräts verantwortlichen Prinzipien: (modellhafte) Algorithmen. Reale Informatiksysteme fußen selbstverständlich auf zu umfangreichen Programmstrukturen, als dass diese sinnvoll mit Erstler*innen thematisiert werden könnten. Damit eignet sich das Konstrukt Algorithmisches Denken gut für eine empirische Arbeit im Kontext des kindlichen Verständnisses von Informatikphänomenen, da sich sowohl das äußerlich sichtbare Verhalten von Geräten algorithmisch beschreiben lässt als auch mithilfe einer Vielzahl für junge Lerner*innen optimierten Programmierungsumgebungen selbst algorithmische Strukturen erstellt werden können.

Unter *Algorithmusverständnis* wird für diese Arbeit daher vordergründig verstanden, wie sich das Algorithmische Denken von Menschen empirisch beschreiben lässt. Der derzeitige Projektstand dient vor allem der Eingrenzung des Forschungs-konstrukts, bspw. zu klären, inwieweit Computational Thinking und *Algorith-*

musverständnis sich für Grundschulkinder trennscharf betrachten lassen. Daher werden zunächst auch weitere mögliche – nicht eindeutig *Algorithmusverständnis* betreffende – Varianten einer Operationalisierung nicht automatisch negiert, jedoch mit einem Kern „Funktionsweisen informatischer Phänomene“ versehen.

2.4 Forschungsstand

Informatische Grundbildung in der Grundschule ist weitgehend unerforscht. Für den deutschsprachigen Raum und erst recht für spezifische Fragestellungen der Sachunterrichtsdidaktik existieren derzeit vor allem theoretische oder kleinere explorative Studien, die auf Selbsteinschätzungen der Proband*innen basieren. Bischof, Sabitzer (2011) sowie Mittermeir, Bischof, Hodnigg (2010) haben bspw. die Selbsteinschätzung des Interesses basierend auf einer dichotomen Geschlechterzuordnung erfragt. Demnach interessierten sich Grundschulkinder grundsätzlich stärker als Schüler*innen der weiterführenden Schulen für informatische Themen, außerdem verschiebe sich die Interessensverteilung nach Gender von annähernd gleich im Grundschulalter auf schief zugunsten der Jungen auf der weiterführenden Schule (Bischof, Sabitzer 2011, 101–103). Leonhardt (2015) hat in einem Prä-Post-Design eine Interessens- und Selbstwirksamkeitserwartungssteigerung von 11-/12-jährigen Mädchen ($n = 23$) nach einer Intervention zu informatischer Bildung gemessen.

Im Zusammenhang mit einem Versuch, die Problemlösefähigkeit bei Kindern durch eine Scratch-basierte Intervention zu steigern, berichten Kalelioğlu, Gülbahar (2014) zwar keinen messbaren Effekt dieser Intervention, stellen aber deskriptiv fest, dass „all the students liked programming and wanted to improve their programming“ (ebd., 33). Fessakis, Gouli, Mavroudi (2013) stellen ähnliche Selbsteinschätzungsergebnisse für 5- bis 7-Jährige vor und erhalten zusätzlich Indizien für eine gesteigerte Problemlösefähigkeit (ebd., 87).

Für bildungspolitische Entscheidungen, Informatische Grundbildung / Computational Thinking stärker curricular zu verankern, spielt die Annahme eines vorteilhaften Transfereffekts auf kognitive Fähigkeiten eine große Rolle (Scherer, Siddiq, Sánchez Viveros 2018, 1). In ihrer Metaanalyse ($n = 105$ Studien) können sie die Ergebnisse der Metaanalyse von Liao, Bright (1991) weitestgehend bestätigen. Demnach existieren positive Transfereffekte, am stärksten bei Fähigkeiten, die Ähnlichkeiten zu Computational Thinking aufweisen – dazu gehören „problem solving“, „creative thinking“ sowie „mathematic modeling“. „Overall, the positive transfer effect suggested that learning computer programming has certain cognitive benefits“. Einschränkend anzumerken ist bei beiden Studien, dass sie überwiegend auf Studien jenseits des Grundschulalters basieren. Allerdings gehen die Autor*innen davon aus, dass der positive Transfereffekt den Konstrukten innewohnt und daher nicht vom Alter moderiert wird (vgl. Scherer, Siddiq, Sánchez Viveros 2018, 19).

3 Forschungsdesign

Im Projekt wurde bereits eine Prästudie zu kindlichen Verständnisweisen bei der Exploration von interaktivem Material durchgeführt, sowie theoretische und sachunterrichtsdidaktische Grundlagen erarbeitet (Goecke, Stiller, Pech 2018a). Abbildung 1 stellt bereits abgeschlossene sowie zukünftige Meilensteine vor.

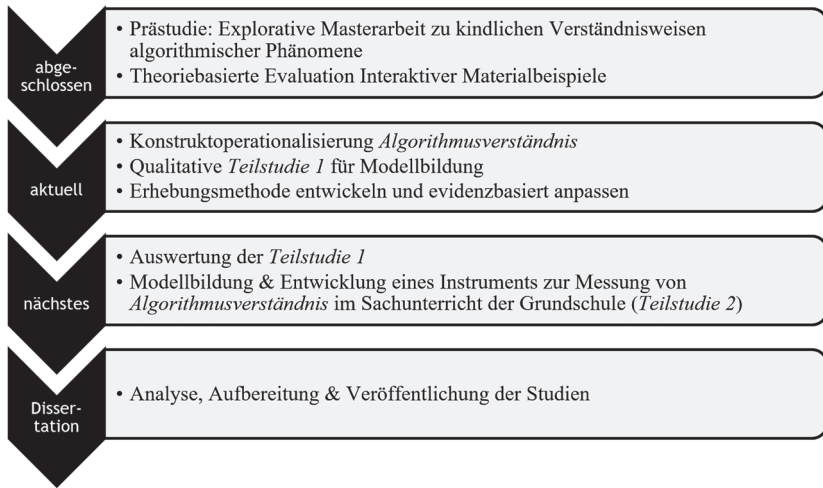


Abb. 1: Meilensteine (eigene Darstellung)

Bezüglich des Konstrukts *Algorithmusverständnis* existieren wenige Studien mit Bezug auf Grundschule (vgl. Abschnitt 2.4). Viele Erkenntnisse beziehen sich dabei auf Fassetten des Umgangs mit programmierbarem Material – aufgrund bisherigen Mangels an (Lern)Materialvielfalt. Aus diesem Grund wurde für das Projekt *DigiLit* ein zweistufiges Design entwickelt: Geplant ist eine mehrteilige Feldstudie. In einer ersten Teilstudie werden das Konstrukt *Algorithmusverständnis* exploriert und Hypothesen generiert. Konsekutiv erfolgt eine populationsbeschreibend angelegte Querschnittstudie, die idealerweise Hypothesenprüfung möglich macht.

3.1 Teilstudie 1

Design

Die Teilstudie 1 ist als kleinskalige explorative Querschnittstudie geplant. Ziel ist die Exploration des Konstrukts *Algorithmusverständnis* anhand einer (video-graphierten) Erhebungssituation, die sowohl die Bearbeitung kleinerer Arbeitsaufträge als auch die Arbeit mit programmierbarem Material ermöglicht. Nach

der Erfassung von demographischen Daten und unabhängigen Variablen (siehe unten) werden in Anlehnung an die auch in Metastudien konsensuale Binnenstrukturierung (z. B. Scherer, Siddiq, Sánchez Viveros 2018) für die Operationalisierung des *Algorithmusverständnis* in Teilstudie 1 die Impulse, die allesamt auf programmierbarem Material beruhen, dreigeteilt. Das bezieht für den aktuellen Stand des Projekts explizit zunächst auch offline-Materialien ein.

Abhängige Variable

Als abhängige Variable wurde *Algorithmusverständnis* festgelegt und zunächst von den Konstrukten Computational Thinking und Algorithmisches Denken abgegrenzt (Abbildung 1). Für Computational Thinking existieren zahlreiche Operationalisierungen, bei denen Algorithmisches Denken einen wichtigen Bestandteil darstellt (vgl. Abschnitt 2.3; Kalelioğlu 2018).

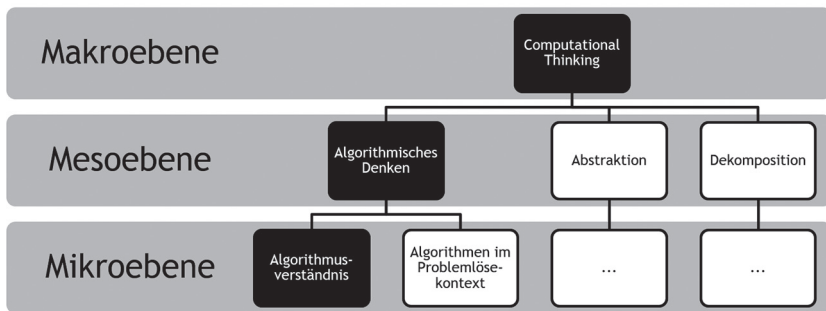


Abb. 2: Operationalisierung des Konstrukts Algorithmusverständnis (eigene Darstellung)

Im Konstrukt werden die Teilstrukturen *creating*, *modifying* und *evaluating* in Subskalen und Teilimpulsen abgebildet. Unter *creating* wird dabei das Erzeugen eines Codes aus einem vorgegebenen Register verstanden. *Modifying* meint hier die Veränderung der Programmierung eines bereits bestehenden Codes auf demselben Komplexitätsniveau (a) und die Veränderung der Programmierung eines bereits bestehenden Codes auf höherem Komplexitätsniveau (b). Schließlich wird *evaluating* hier als das Identifizieren von Fehlern in einer bestehenden Programmierung aufgefasst.

Unabhängige Variablen

Im Projekt *DigiLit* wird davon ausgegangen, dass zahlreiche Kovariaten mit dem *Algorithmusverständnis* zusammenhängen. Zunächst wird angestrebt, die unabhängigen Variablen Alter, Vorerfahrung in Bezug auf Coding, Affinität zu (auch nicht-digitaler) Technik und Affinität zu Problemlösesituationen in lebenswelt-

lichen Kontexten zu erfassen. Die Vorerfahrungen in Bezug auf Coding sollen sich sowohl beispielsweise auf die mittlerweile zahlreichen auf Lego basierenden programmierbarem Materialien beziehen können oder auf Vorerfahrung mit Robotern. Problemlösesituationen in lebensweltlichen Kontexten ergeben sich u. a. in bestimmten Gesellschaftsspielen.

Hinzu kommen Informationen zu weiteren demographischen Daten.

Stichprobe

Für die Teilstudie 1 wird eine Ad-Hoc-Stichprobe aus der Grundgesamtheit der zirka 5 bis maximal 12 Jahre⁶ alten Schülerinnen und Schülern Berlins gezogen. Angestrebt wird eine Stichprobengröße von mindestens 20 Personen.

3.2 Teilstudie 2

Die Teilstudie 2 ist als großskalige Querschnittstudie geplant. Die Teilstudie soll populationsbeschreibende Erkenntnisse und die Prüfung von aus Teilstudie 1 abgeleiteten Hypothesen ermöglichen. Dabei kommen voraussichtlich computerbasierte Instrumente zum Einsatz, die in komplettem oder hilfsweise inkomplettem, rotiertem Design⁷ distribuiert werden. Auswertungsmethodisch werden einschlägige latente Variablenmodelle (z. B. IRT) angewendet.

Abhängige Variable

Die Operationalisierung des Konstrukts *Algorithmusverständnis* in der Teilstudie 2 hängt maßgeblich von den Erkenntnissen der Teilstudie 1 ab. Erwartbar wird die Binnenstruktur der oben skizzierten und in Abbildung 1 aufgeführten Variante stark ähneln.

Unabhängige Variable

Zu den für Teilstudie 1 bereits identifizierten Variablen sind für die großskalige Erhebung in Teilstudie 2 voraussichtlich noch weitere Kovariaten zu identifizieren: So dürften die Vorerfahrung mit Computern (aufgrund des Erhebungsformats) oder zum Beispiel Lesegeschwindigkeit und verständnis erhebliche Varianzaufklärung mit sich bringen.

6 die Grundschule in Berlin umfasst die Klassenstufen 1 bis 6

7 aus Platzgründen kann und soll hier keine ausführliche Erläuterung der bisherigen Designvarianten erfolgen, für einen grundlegenden Überblick vgl. z. B. Döring & Bortz 2016

Stichprobe

Für die Teilstudie 2 wird möglichst eine Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit der Berliner Schülerinnen und Schüler der vierten und fünften Klassen gezogen. Diese Eingrenzung der Stichprobe basiert auf der Annahme und den ersten Erkenntnissen, wonach der Erstzugang zu manchen der Materialien unterhalb der vierten Klasse wenig niedrigschwellig zu sein scheint.

4 Ergebnisse

Als Teil des Gesamtprojekts *DigiLit* wurden bereits Videodaten in der Prästudie ausgewertet. In der explorativen Erhebung zeigt sich dabei, dass die befragten Drittklässler*innen – auch ohne explizite schulische Vorerfahrungen – algorithmische Verständnisweisen ausdifferenzieren. Die Prästudie basiert auf der Auswertung mittels Dokumentarischer Methode und Videoausschnitten, in denen Kinder der dritten Klasse mit dem Material *Cubelets* explorierend umgehen. Dabei zeigten Proband*innen bspw. intuitive *Verständnisweisen der Übertragung und Speicherung von Information* innerhalb eines Roboters. Darüber hinaus neigen die befragten Kinder ($n = \text{ca. } 22$)⁸ beim Umgang mit *Lego Education WeDo 2.0* dazu, Fahrzeuge positiv zu beschleunigen und fügen hierzu – technisch wirkungslos – eine hohe Anzahl von Programmierblöcken zusammen, die jeweils – technisch wirkungslos – hohe Werte für die Motorgeschwindigkeit festlegen. Auf Nachfrage ist ein in der Stichprobe verbreitetes Konzept, das Fahrzeug sei dadurch tatsächlich schneller. Ein Nachfragen und anschließendes systematisches Testen kann das Konzept *Motorgeschwindigkeit* elaborieren. Für zukünftige Arbeiten lassen sich verschiedene Konsequenzen ableiten, bspw. Aufgaben, die mit der Erhöhung von Geschwindigkeit zu tun haben und ein Fokus auf algorithmische Konzepte zur Beeinflussung der Geschwindigkeit legen. Außerdem hat die Analyse der Videodaten gezeigt, dass *Algorithmusverständnisse* erkennbar werden, die erst durch die systematische und detaillierte Analyse von Handlung und Gesprochenem interpretiert werden können (Goecke 2017a, 2017b; Goecke, Stiller, Pech 2018a; Goecke, Stiller, Pech, Pinkwart 2017).

8 Die genaue Anzahl der untersuchbaren Kinder ist nicht genau, da mehrere Kameras das Geschehen einer ganzen Klasse aufzeichneten, wobei nicht jedes Kind sichtbar wurde. Von 7 Zweiergruppen ließen sich Programme nachweisen, die die beschriebenen Aspekte zur Beschleunigung enthalten.

5 Ausblick/Schlussfolgerungen

Die in Abschnitt 4 skizzierten Ergebnisse der Vorstudie haben die Entwicklung bzw. Anpassung des Forschungsdesigns zur Untersuchung von Informatischer Grundbildung bzw. Algorithmusverständnissen maßgeblich beeinflusst. So greift die geplante Teilstudie 1 die Erkenntnis auf, dass kindliches *Algorithmusverständnis* durch eine detaillierte qualitative Analyse sichtbar werden kann, indem vor einer standardisierten Erhebung zunächst fundierte Erkenntnisse über kindliche Verständnisweisen von Algorithmen gewonnen werden sollen.

Bemühungen wie die *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich* (Gesellschaft für Informatik 2019), die *Dagstuhl-Erklärung* der Gesellschaft für Informatik (Gesellschaft für Informatik 2016) oder die KMK Strategie zur *Bildung in der digitalen Welt* (KMK 2016) deuten darauf hin, dass informatische Grundbildung zunehmend als wichtig für Grundschulbildung wahrgenommen wird. Dabei existiert noch unzureichend belastbare Erkenntnis über kindliches Lernen im Kontext informatischer Bildung. Indem ein Testinstrument für potentiell repräsentative Aussagen über *Algorithmusverständnisse* von Grundschulkindern entwickelt wird, trägt das vorgestellte Forschungsprojekt zur Erschließung der Algorithmusverständnisse von Grundschüler*innen bei und hilft insofern, einem Desiderat in Bildungs- bzw. Grundschulforschung zu begegnen.

Literatur

- Anders, P. (2018): Vom User zum Maker. Kinder gestalten und erzählen mit Scratch. In: Brandt, B. & Dausend, H. (Hrsg.): *Digitales Lernen in der Grundschule. Fachliche Lernprozesse anregen*. Münster.
- Barba, L. A. (2016): Computational Thinking: I do not think it means what you think it means. <http://lorenabarba.com/blog/computational-thinking-i-do-not-think-it-means-what-you-think-it-means/>, 23.11.2018.
- Bischof, E. & Sabitzer, B. (2011): Computer Science in Primary Schools – Not Possible, But Necessary?! In: Kalas, I., & Mittermeir, R. T. (Hrsg.): *Informatics in Schools. Contributing to 21st Century Education*. Berlin, Heidelberg, 94–106.
- Borowski, C., Diethelm, I. & Mesaroş, A.-M. (2010): Informatische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Theoretische Überlegungen zur Begründung, In: www.widerstreit-sachunterricht.de, H. 15.
- Calderon, A. (2018): Susceptibility to Learn Computational Thinking Against STEM Attitudes and Aptitudes. In: Khine, M. S. (Hrsg.): *Computational Thinking in the STEM Disciplines*. Cham.
- Curzon, P. & McOwan, P. W. (2018): *Computational Thinking*. Berlin, Heidelberg.
- Fessakis, G., Gouli, E. & Mavroudi, E. (2013): Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study, In: *Computers & Education*, 63, 87-97.
- GDSU (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn.
- Gesellschaft für Informatik (2016): *Dagstuhl-Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt*. https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf.
- Gesellschaft für Informatik (2019): *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich*. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. erarbeitet vom Arbeitskreis »Bildungsstandards

- Informatik im Primarbereich«. https://www.informatikstandards.de/docs/v142_empfehlungen_kompetenzen-primarbereich_2019-01-31.pdf, 28.10.2019.
- Goecke, L. (2017a): Exploration der Zugänge von Drittklässler_innen beim Umgang mit programmierbarem Material im Sachunterricht. eine videographische Analyse. Masterarbeit.
- Goecke, L. (2017b): Informatische Bildung in der Grundschule. Exploration des Felds anhand algorithmischer Phänomene. https://www.researchgate.net/publication/314151983_Informatische_Bildung_in_der_Grundschule_Exploration_des_Felds_anhand_algorithmischer_Phänomene, 28.04.2017.
- Goecke, L. & Stiller, J. (2018): Informatische Phänomene und Sachunterricht. Beispiele für vielperspektivischen Umgang mit einem Einplatinencomputer. In: Thomas, M. & Weigend, M. (Hrsg.): Informatik und Medien. 8. Münsteraner Workshop zur Schulinformatik 18. Mai 2018 an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 9-18.
- Goecke, L., Stiller, J. & Pech, D. (2018a): Algorithmische Verständnisweisen von Drittklässler_innen beim Explorieren von programmierbarem Material. In: Franz, U., Giest, H., Hartinger, A., & Heinrich-Dönges, A. (Hrsg.): Handeln im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 101-108.
- Goecke, L., Stiller, J. & Pech, D. (2018b): Digitale Medien im Sachunterricht. Informatische Bildung und Medienbildung in Forschung und Lehre. In: Brandt, B., & Dausend, H. (Hrsg.): Digitales Lernen in der Grundschule. Fachliche Lernprozesse anregen. Münster, 179-204.
- Goecke, L., Stiller, J., Pech, D. & Pinkwart, N. (2017): Informatische Grundbildung: Exploration des Erstzugangs zu Lego® Wedo 2.0 und Cubelets von Drittklässler_innen. In: Diethelm, I. (Hrsg.): Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. 17. GI-Fachtagung Informatik und Schule vom 13.-15. September 2017 in Oldenburg. Bonn.
- Gumm, H.-P. & Sommer, M. (2011): Einführung in die Informatik. 9. Aufl. München.
- Herold, H., Lurz, B. & Wohlrab, J. (2007): Grundlagen der Informatik. Praktisch, technisch, theoretisch. München.
- Hubwieser, P. (2007): Didaktik der Informatik. Grundlagen, Konzepte, Beispiele. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg.
- Kahlert, J. (2016): Der Sachunterricht und seine Didaktik. 4. Aufl. Bad Heilbrunn.
- Kalelioglu, F. (2018): Characteristics of Studies Conducted on Computational Thinking: A Content Analysis. In: Khine, M. S. (Hrsg.): Computational Thinking in the STEM Disciplines. Cham.
- Kalelioglu, F. & Gülbahar, Y. (2014): The Effects of Teaching Programming via Scratch on Problem Solving Skills: A Discussion from Learners' Perspective, In: Informatics in Education, 13, H. 1, 33-50.
- Khine, M. S. (Hrsg.) (2018): Computational Thinking in the STEM Disciplines. Cham.
- Klafki, W. (1994): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik.
- KMK (2016): Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Gemeinsame_Erklärung_KMK_VBM_v._14.06.2018.pdf, 14.09.2018.
- Leonhardt, T. (2015): Etablierung eines begabungsfördernden Lernumfeldes für Mädchen im Bereich Informatik.
- Liao, Y.-K. C. & Bright, G. W. (1991): Effects of Computer Programming on Cognitive Outcomes: A Meta-Analysis, In: Journal of Educational Computing Research, 7, H. 3, 251-268.
- Mammes, I. (Hrsg.) (2013): Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven. Baltmannsweiler.
- Mittermeier, R. T., Bischof, E. & Hodnigg, K. (2010): Showing Core-Concepts of Informatics to Kids and Their Teachers. In: Hromkovič, J. (Hrsg.): Teaching fundamental concepts of informatics. 4th International Conference on Informatics in Secondary Schools – Evolution and Perspectives, ISSEP 2010, Zurich, Switzerland, January 13-15, 2010 ; proceedings. Berlin, 143-154.

- Murmann, L. (2018): Zur Sache Informatik, In: LOG IN, 189/190, 47-50.
- Papert, S. (1980): *Mindstorms. Children computers and powerful ideas*. 2nd. ed. New York NY.
- Perlman, R. (1976): Using Computer Technology to Provide a Creative Learning Environment for Preschool Children. <http://hdl.handle.net/1721.1/5784>.
- Ropohl, G. (2009): *Allgemeine Technologie eine Systemtheorie der Technik*. Karlsruhe.
- Scherer, R., Siddiq, F. & Sánchez Viveros, B. (2018): The cognitive benefits of learning computer programming: A meta-analysis of transfer effects, In: *Journal of Educational Psychology*.
- Stiller, J. & Goecke, L. (2019): Forschungsbezogene Lehre im Sachunterricht mit Einplatinencomputern. In: Knörzer, M., Förster, L., Franz, U. & Hartinger, A. (Hrsg.): *Forschendes Lernen im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn.
- Straube, P., Mamlouk, N. M., Köster, H., Nordmeier, V., Müller-Birn, C. & Schulte, C. (2013): DoInG – Informatisches Denken und Handeln in der Grundschule, In: *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Wing, J. M. (2006): Computational thinking, In: *Communications of the ACM*, 49, H. 3, 33.
- Wolffgramm, H. (2012): *Allgemeine Techniktheorie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten (Einführung in die Denk- und Arbeitsweisen der allgemeinen Techniklehre)*. <https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/11/Wolffgramm-Allgemeine-Techniktheorie-klein.pdf>, 23.11.2018.
- Zinn, B. (2018): Technikdidaktik in der Allgemeinbildung. In: Zinn, B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.): *Technikdidaktik. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme*, 63-69.